

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/053534

International filing date: 16 December 2004 (16.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: EP
Number: 04001689.1
Filing date: 27 January 2004 (27.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 25 February 2005 (25.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

EP/04/53534

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

04001689.1

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

123456789



Anmeldung Nr:
Application no.: 04001689.1
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 27.01.04
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Hitzeschild

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

F23M/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

27. Jan. 2004

Beschreibung

Hitzeschild

5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Hitzeschild an einer
eine Umfangsrichtung und eine Axialrichtung aufweisenden
Tragstruktur, insbesondere zur Verwendung in einer Gasturbi-
nenbrennkammer oder einem Gasturbinenflammrohr, ein Hitze-
schildelement zur Verwendung in einem derartigen Hitzeschild,
10 eine mit einem erfindungsgemäßen Hitzeschild ausgestattete
Brennkammer, ein mit einem erfindungsgemäßen Hitzeschild aus-
gestattetes Flammrohr sowie eine Gasturbine mit einer erfin-
dungsgemäßen Brennkammer oder einem erfindungsgemäßen Flamm-
rohr.

15 Hitzeschilde kommen bspw. in Brennkammern oder Flammrohren,
die etwa Teil eines Brennofens, eines Heißgaskanals oder ei-
ner Gasturbine sein können und in denen ein heißes Medium er-
zeugt oder geführt wird, zum Einsatz. Zum Beispiel kann eine
20 thermisch hoch belastete Brennkammer zum Schutz vor zu hoher
thermischer Beanspruchung mit einem Hitzeschild ausgekleidet
sein. Der Hitzeschild umfasst typischerweise eine Anzahl flä-
chendeckend angeordneter Hitzeschildelemente, welche die Wan-
dung der Brennkammer gegen das heiße Medium, etwa ein heißes
25 Verbrennungsgas, abschirmen und so einer übermäßigen thermi-
schen Belastung der Brennkammerwand entgegenwirken.

Ein derartiger keramischer Hitzeschild ist bspw. in
EP 0 558 540 B1 beschrieben. Er umfasst eine Anzahl vierecki-
30 ger keramischer Hitzeschildelemente, die an einer axialsym-
metrischen Tragstruktur des Flammrohrs befestigt sind. Jedes
Hitzeschildelement weist eine dem heißen Medium zugewandte
Heißseite, eine der Tragwand zugewandte Kaltseite sowie vier
die Heißseite mit der Kaltseite verbindende Umfangsfläche
35 auf, wobei die beiden in Umfangsrichtung der Tragstruktur
einander gegenüberliegenden Umfangsflächen eines Hitzeschild-
elementes mit Nuten versehen sind. Mittels in die Nuten ein-

greifender federartiger Klammern sind die Hitzeschildelemente in Umfangsrichtung der Tragstruktur unter Spaltbelastung fixiert. Um die thermische Belastung der Tragstruktur möglichst gering zu halten, wird den Spalten zwischen den Hitzeschildelementen ein Kühlfluid zugeführt, welches von der Kaltseite aus in Richtung der Heißeite durch die Spalte strömt und so die Spalte gegen ein Eindringen des heißen Mediums sperrt.

Ein insbesondere für das Auskleiden eines Flammrohrs für eine Gasturbine geeigneter keramischer Hitzeschild ist bspw. in DE 41 14 768 A1 beschrieben. Er umfasst eine Anzahl rechteckiger oder trapezoider keramischer Hitzeschildelemente, die an einer Tragwand des Flammrohrs befestigt sind. Jedes Hitzeschildelement weist eine dem heißen Medium zugewandte Heißeite, eine der Tragwand zugewandte Kaltseite sowie vier die Heißeite mit der Kaltseite verbindende Umfangsflächen auf, wobei zwei an gegenüberliegenden Seiten eines Hitzeschildelementes gelegene Umfangsflächen mit Nuten versehen sind. Zum Befestigen der Hitzeschildelemente an der Tragwand finden Haltelemente mit Klammerabschnitten Verwendung, die in die Nuten der Umfangsfläche eingreifen und das Hitzeschildelement in einer Richtung verklammern. Außerdem besitzen die Haltelemente jeweils einen Stützabschnitt zum Stützen eines Hitzeschildelements an einer dritten Umfangsfläche. Diese dritte Umfangsfläche weist heißseitig einen über den Rest der Umfangsfläche vorstehenden Vorsprung auf, welcher auf dem Stützabschnitt des Haltelementes derart ruht, dass das Hitzeschildelement auch in der Richtung senkrecht zur Verklammerungsrichtung gesichert ist. Um eine thermische Ausdehnung der Hitzeschildelemente zu ermöglichen, wenn diese dem heißen Medium ausgesetzt sind, werden die Hitzeschildelemente derart angeordnet, dass kleine Spalte zwischen Ihnen verbleiben. Durch die in DE 41 14 768 A1 beschriebene Fixierung sind die Hitzeschildelemente an definierten Positionen der Tragwand angeordnet.

Eine Brennkammerauskleidung mit Hitzeschildelementen ist auch in EP 1 302 723 A1 beschrieben. In dieser Brennkammerauskleidung sind Dichtelemente in den Spalten zwischen den Hitzeschildelementen angeordnet. Die Hitzeschildelemente dieser
5 Brennkammerauskleidung weisen an ihren Umfangsflächen Nuten auf. Ein im Spalt zwischen zwei Hitzeschildelementen angeordnetes Dichtelement greift dabei in die Nuten der beiden den Spalt begrenzenden Umfangsflächen ein.

10 Gegenüber dem beschriebenen Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, einen verbesserten Hitzeschild zur Verfügung zu stellen.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin,
15 in, ein verbessertes Hitzeschildelement sowie ein verbessertes Haltelement zur Verfügung zu stellen, welche insbesondere zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Hitzeschild geeignet sind.

20 Noch eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine verbesserte Brennkammer und ein verbessertes Flammrohr zur Verfügung zu stellen.

Schließlich ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung,
25 eine verbesserte Gasturbine zur Verfügung zu stellen.

Die erste Aufgabe wird durch einen Hitzeschild nach Anspruch 1, die zweite Aufgabe durch ein Hitzeschildelement nach Anspruch 9 und ein Haltelement nach Anspruch 12, die dritte
30 Aufgabe durch eine Brennkammer nach Anspruch 13 oder ein Flammrohr nach Anspruch 14 und die vierte Aufgabe durch eine Gasturbine nach Anspruch 15 gelöst.

Die abhängigen Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.
35

Ein erfindungsgemäßer Hitzeschild an einer Tragstruktur umfasst eine Anzahl von Hitzeschildelementen, welche derart ausgestaltet und an der Tragstruktur angeordnet sind, dass sie unter Belassung von Spalten aneinander angrenzen. Die
5 Tragstruktur des erfindungsgemäßen Hitzeschildes weist eine Umfangsrichtung und eine Axialrichtung auf, wobei die Hitzeschildelemente in Umfangsrichtung der Tragstruktur unter Belassung eines Spaltes, der im Folgenden als Umfangsspalt bezeichnet ist, und in Axialrichtung der Tragstruktur unter Be-
10 lassung eines im Folgenden als Axialspalt bezeichneten Spaltes aneinander angrenzen. Außerdem sind sowohl die Umfangsspalte als auch die Axialspalte durch Dichtelemente abgedichtet, wobei die die Axialspalte abdichtenden Dichtelemente einen anderen Abstand zur Tragstruktur aufweisen als die die
15 Umfangsspalte abdichtenden Dichtelemente.

Der erfindungsgemäße Hitzeschild basiert auf den Folgenden Beobachtungen und Erkenntnissen:

20 Die für das Auskleiden axialsymmetrischer Brennkammern, wie etwa Ringbrennkammern von Gasturbinen, oder Flammrohren zur Anwendung kommenden Hitzeschilde weisen Hitzeschildelemente auf, die an zwei Umfangsflächen mit Nuten versehen sind. In die Nuten dieser Umfangsflächen greifen Eingriffsabschnitte
25 von Haltelementen ein, um die Hitzeschildelemente in Umfangsrichtung der Tragstruktur zu fixieren. In Axialrichtung sind die Hitzeschildelemente entweder nicht fixiert oder das Fixieren erfolgt, wie in DE 41 14 768 A1 beschrieben, mittels Stützelementen statt mittels in Nuten eingreifender Ein-
30 griffsabschnitte. Die Hitzeschildelemente weisen daher an ihren in Axialrichtung aneinandergrenzenden Umfangsflächen keine Nuten auf. Das Einlegen von Dichtelementen, wie sie in EP 1 302 723 A1 beschrieben sind, ist daher nur zwischen in Umfangsrichtung aneinandergrenzenden Umfangsflächen möglich,
35 d.h. es können mit derartigen Dichtungen nur Umfangsspalte abgedichtet werden. Entsprechend werden bisher auch nur Dichtelemente im Umfangsspalt eingesetzt.

Wenn auch die Axialspalte mit Dichtelementen abgedichtet werden sollen, könnten die Nuten in den in Axialrichtung aneinandergrenzenden Umfangsflächen weitergeführt werden. In die Axialspalte könnten dann analog zu den Umfangsspalten Dichtelemente eingesetzt werden. An den Schnittpunkten der Axialspalte mit den Umfangsspalten bleiben undichte Abschnitte zurück, durch die ein Kühlfluid gezielt in den Brennraum ausströmen kann.

10

Das erfindungsgemäße Anordnen der Dichtelemente für die Axialspalte und die Umfangsspalte in verschiedenen Abständen zur Tragstruktur ermöglicht es, die Dichtelemente überlappend anzuordnen. So werden die Schnittpunkte zwischen Axial- und Umfangsspalten wirkungsvoller abgedichtet, was ein Verringern des Kühlfluidbedarfs ermöglicht.

15

Insbesondere können die Dichtelemente, welche die Axialspalte abdichten, zwischen der Tragstruktur und den Hitzeschildelementen angeordnet sein. Auf eine Nut in den zweiten Umfangsflächen kann dann auch weiterhin verzichtet werden.

20

Außerdem ermöglicht erst die Anordnung der Dichtelemente in verschiedenen Abständen zur Tragstruktur die servicegerechte Montage und Demontage der Bauteile.

25

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Hitzeschild eine Anzahl von Elementhaltern, welche die Hitzeschildelemente an der Tragstruktur sowohl in Umfangsrichtung als auch in Axialrichtung fixieren.

30

Neben den Dichtungen sind auch die Spaltmaße des Hitzeschildes für die zur Kühlung erforderliche Menge an Kühlfluid von Bedeutung. Je breiter die Spalte sind, desto mehr Kühlfluid ist notwendig, um die Spalte wirkungsvoll gegen das in der Brennkammer vorhandene heiße Medium abzusperren.

35

Die Hitzeschilde werden im Betrieb der Brennkammer außer einer hohen thermischen Belastung teilweise auch mechanischen Belastungen durch Vibrationen ausgesetzt. Wenn die Hitzeschildelemente in Axialrichtung der Tragstruktur nicht fixiert sind, können sie sich insbesondere unter einer derartigen mechanischen Belastung axial verschieben. Ein derartiges Verschieben führt jedoch bei axialsymmetrischen, insbesondere bei kegelförmigen, Brennräumen oder Flammrohren zu Veränderungen der Axialspalte sowie der Umfangsspalte zwischen den Hitzeschildelementen. Wenn sich die Hitzeschildelemente auf der Tragstruktur verschieben, können sich die Spalte zwischen ihnen verkleinern oder vergrößern, was zu einem ungleichförmigen Ausströmen des Kühlfluids und zu ungleichmäßigen Temperaturgradienten in den Spalten führt. Um die Spalte unter Berücksichtigung aller Spalttoleranzen unter allen Betriebsbedingungen zu sperren, ist daher ein erhöhter Kühlfluidbedarf gegeben. Insbesondere das Berücksichtigen vergrößerter Spalte erhöht den Bedarf an Kühlfluid. Zudem ist bei fehlender axialer Fixierung der Hitzeschutzelemente bei der Montage aufgrund ihrer nicht genau definierten Axialposition eine individuelle Nacharbeit nötig, welche die Montagezeit verlängert.

Mittels der axialen Fixierung lässt sich ein Verschieben der Hitzeschildelemente wirkungsvoll unterdrücken, so dass beim Ermitteln des Kühlfluidbedarfs kleinere Spalttoleranzen angenommen werden können, wodurch der Kühlfluidbedarf geringer angesetzt werden kann. Insbesondere in Kombination mit sowohl in Axial- als auch in Umfangsspalten angeordneten Dichtungen lässt sich so der Bedarf an Kühlfluid deutlich verringern. Die axiale Fixierung führt darüber hinaus auch zu gleichmäßigeren Temperaturgradienten an den Hitzeschildelementen und zu gleichmäßigeren Wärmespannungen. Dadurch entstehen bei thermischer Belastung der Hitzeschildelemente weniger bzw. kürzere Risse, weswegen die Austauschrate der Hitzeschildelemente sinkt und die Inspektionsintervalle verlängert werden können. Schließlich kann mittels der axialen Fixierung die für das

Anpassen der Spalttoleranzen beim Neubau und bei der Wartung eines Hitzeschildes benötigte Montagezeit verkürzt werden.

5 In einer ersten Variante des Hitzeschildes mit axialer Fixierung der Hitzeschildelemente umfasst der Hitzeschild erste Elementhalter zum Fixieren der Hitzeschildelemente in Umfangsrichtung der Tragstruktur und zweite Elementhalter zum Fixieren der Hitzeschildelemente in Axialrichtung der Tragstruktur. Die zweiten Elementhalter sind dabei gleichzeitig
10 zum Halten der Dichtelemente in den Axialspalten ausgebildet. Dadurch, dass die zweiten Elementhalter auch das Dichtelement halten, kann auf ein zusätzliches Haltelement, wie es bei der axialen Fixierung nach dem in der DE 41 14 768 A1 beschriebenen Stand der Technik zum Halten eines Dichtelementes nötig
15 wäre, verzichtet werden.

In einer ohne großen technischen Aufwand zu realisierenden Ausgestaltung dieser Variante weist die Tragstruktur sich in Umfangsrichtung der Tragstruktur erstreckende Umfangsnuten
20 auf. Die zweiten Elementhalter sind als mit einer Klammeröffnung und einem der Klammeröffnung abgewandten Klammerabschnitt versehene Klammern ausgebildet, wobei die Klammern mit dem der Klammeröffnung abgewandten Klammerabschnitt derart in eine Umfangsnut der Tragstruktur eingesetzt sind, dass
25 mindestens ein Teil der Klammer zum Eingriff in eine Aussparung eines Hitzeschildelementes über die Umfangsnut übersteht und so als axiale Fixierung des Hitzeschildelementes dient. Die Dichtelemente sind dabei in die Klammern eingelegt.

30 Um einen sicheren Halt der Dichtung in der Klammeröffnung zu gewährleisten, kann die Klammer außerdem Eingriffselemente zum Eingriff in ein in die Klammer eingelegtes Dichtelement aufweisen.

35 In einer zweiten Variante des Hitzeschildes mit axialer Fixierung der Hitzeschildelemente umfassen die Hitzeschildelemente jeweils eine der Tragstruktur abgewandte Heißeite, die

geeignet ist, einem heißen Medium ausgesetzt zu werden, eine der Tragstruktur zugewandte Kaltseite und eine Anzahl die Heißseite mit der Kaltseite verbindende Umfangsflächen. An zwei einander gegenüberliegenden Seiten weist ein Hitzeschildelement erste Umfangsflächen auf, die jeweils in Axialrichtung der Tragstruktur an eine entsprechende erste Umfangsfläche eines benachbarten Hitzeschildelementes unter Belassung eines Axialspaltes angrenzen. Im Bereich der Kanten zwischen der Kaltseite und den ersten Umfangsflächen sind Aussparungen vorhanden, die im Zusammenwirken mit der Aussparung der jeweiligen in Axialrichtung gegenüberliegenden Umfangsfläche des benachbarten Hitzeschildelementes eine in Umfangsrichtung der Tragstruktur verlaufende Aufnahme für ein Dichtelement oder mehrere Dichtelemente bilden. Außerdem weist das Hitzeschildelement an zwei einander gegenüberliegenden Seiten zweite Umfangsflächen auf, die in Umfangsrichtung der Tragstruktur jeweils an eine entsprechende zweite Umfangsfläche eines benachbarten Hitzeschildelementes unter Belassung eines Umfangsspalttes angrenzen. Die Elementhalter greifen zum Fixieren der Hitzeschildelemente in Umfangsrichtung der Tragstruktur in die zweiten Umfangsflächen der Hitzeschildelemente ein, wobei die zweiten Umfangsflächen mit Sicherungsabschnitten ausgestattet sind, die ein Verschieben der Hitzeschildelemente relativ zu den Elementhaltern entlang der zweiten Umfangsflächen verhindern.

In der soeben beschriebenen Variante übernehmen die Elementhalter, welche die Hitzeschildelemente in Umfangsrichtung fixieren auch das Fixieren in Axialrichtung. Es werden zusätzlich zu den ohnehin zum Fixieren der Hitzeschildelemente in Umfangsrichtung der Tragstruktur vorhandenen Elementhaltern keine zusätzliche Elementhalter benötigt. Nur die Sicherungsabschnitte müssen in die Hitzeschildelemente eingearbeitet werden, was lediglich eine geringfügige Änderung gegenüber dem Design der bisher verwendeten Hitzeschildelemente darstellt.

In einer Ausgestaltung der zweiten Variante weisen die zweiten Umfangsflächen Nuten auf, in welche Eingriffsabschnitte der Elementhalter eingreifen und in denen Stege derart angeordnet sind, dass sie in axialer Richtung der Tragstruktur einen Anschlag für die Eingriffsabschnitte der Elementhalter bilden. Somit bilden die Stege die Sicherungsabschnitte, die eine Verschiebung der Elementhalter entlang der zweiten Umfangsflächen verhindern.

- 5
- 10 Ein erfindungsgemäßes Hitzeschildelement zur Befestigung an einer Tragstruktur umfasst eine einer Tragstruktur abzuwen-
dende Heißeite, die geeignet ist, einem heißen Medium ausgesetzt zu werden, eine der Tragstruktur zuzuwendende Kaltseite und eine Anzahl die Heißeite mit der Kaltseite verbindende
- 15 Umfangsflächen, die zum Angrenzen an Umfangsflächen von in Umfangsrichtung der Tragstruktur unter Belassung des Umfangspaltes benachbart anzubringender Hitzeschildelemente vorgesehen sind und Nuten zum Eingriff durch Eingriffsabschnitte von Elementhaltern, welche das Hitzeschildelement an der
- 20 Tragstruktur halten, aufweisen. In jeder Nut ist mindestens ein Steg angeordnet, der einen Anschlag für die Eingriffsabschnitte der Elementhalter bildet. Ein derartig ausgebildetes Hitzeschildelement lässt sich mit den bisher zum Fixieren in Umfangsrichtung der Tragstruktur gebräuchlichen Elementhal-
- 25 tern auch in Axialrichtung fixieren. Es eignet sich insbesondere zur Verwendung in einem Hitzeschild gemäß der zweiten Variante des erfindungsgemäßen Hitzeschildes mit axialer Fixierung der Hitzeschildelemente.
- 30 Der mindestens eine Steg erstreckt sich in einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Hitzeschildelementes in Richtung von der Kaltseite zur Heißeite nur durch einen Teil der Nutprofils. Dadurch wird das Einlegen der bisher üblichen Dichtelemente in die Nut nicht wesentlich gestört. Alternativ
- 35 kann sich der mindestens eine Steg in Richtung von der Kaltseite zur Heißeite auch durch das gesamte Nutprofil erstrecken. In dieser Ausgestaltung ist zwar eine Änderung der in

die Nut einzulegenden Dichtelemente nötig, jedoch erhöht ein durchgehender Steg die Festigkeit des Hitzeschildelementes, insbesondere im Bereich der Nut.

- 5 Ein erfindungsgemäßes Halteelement mit einem zum Eingriff in Nuten von Hitzeschildelementen ausgebildeten Eingriffsabschnitt weist an dem Eingriffsabschnitt mindestens ein Flächenelement auf, dessen Flächennormale bei Eingriff in die Nut in Ausdehnungsrichtung der Nut verläuft. Das erfindungsgemäße Halteelement stellt eine vergrößerte Anschlagfläche zum Anschlag an die in den Nuten angeordneten Stege zur Verfügung und kann so eine sichere axiale Fixierung des Hitzeschildelementes gewährleisten.
- 10
- 15 Eine erfindungsgemäße Brennkammer oder ein erfindungsgemäßes Flammrohr ist mit einem erfindungsgemäßen Hitzeschild ausgestattet, eine erfindungsgemäße Gasturbine mit einer erfindungsgemäßen Brennkammer oder einem erfindungsgemäßen Flammrohr.
- 20 Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen.
- 25 Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer schematischen Schnittansicht.
- 30 Fig. 2 zeigt eine Halteklammer des ersten Ausführungsbeispiels.
- Fig. 3 zeigt die Halteklammer aus Fig. 2 im in eine Nut der Tragstruktur eingesetzten Zustand.
- 35 Fig. 4 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel für den erfindungsgemäßen Hitzeschild.

Fig. 4a zeigt eine Abwandlung des in Fig. 4 dargestellten zweiten Ausführungsbeispiels.

Fig. 5 zeigt einen Elementhalter im Eingriff in die Nut eines Hitzeschildelementes.

Fig. 6 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Hitzeschildelement.

Fig. 7 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Hitzeschildelement.

Fig. 8 zeigt ein erstes Beispiel für einen Elementhalter zum fixieren eines erfindungsgemäßen Hitzeschildelementes.

Fig. 9 zeigt ein zweites Beispiel für einen Elementhalter zum fixieren eines erfindungsgemäßen Hitzeschildelementes.

Fig. 10 zeigt ein drittes Beispiel für einen Elementhalter zum fixieren eines erfindungsgemäßen Hitzeschildelementes.

Figur 1 zeigt als ein erstes Ausführungsbeispiel für den erfindungsgemäßen Hitzeschild einen Ausschnitt aus einem axial-symmetrischen Hitzeschild für eine Ringbrennkammer einer Gasturbine. In der Figur sind zwei keramische Hitzeschildelemente 1, 2 dargestellt, die an einer axialsymmetrischen Tragstruktur 3 fixiert sind und in Axialrichtung A der Tragstruktur 3 aneinandergrenzen. Um die thermische Ausdehnung der Hitzeschildelemente 1,2 beim Betrieb der Gasturbinenbrennkammer nicht zu behindern, sind die Hitzeschildelemente derart angeordnet, dass zwischen zwei Hitzeschildelementen 1, 2 jeweils ein kleiner Spalt verbleibt. Würden die Hitzeschildelemente aufgrund der Wärmeausdehnung aneinanderstoßen, so könnten dies zu Spannungen in den Hitzeschildelementen 1, 2 und damit zu einem früheren Verschleiß oder sogar zum Bruch eines Hitzeschildelementes 1, 2 führen.

Die Hitzeschildelemente 1, 2 besitzen jeweils eine dem Inneren der Brennkammer zugewandte hitzebeständige Heißseite 4, die im Betrieb der Gasturbine dem heißen Gas in der Gasturbinenbrennkammer ausgesetzt ist, und eine der Tragstruktur 3 zugewandte Kaltseite 5. Zwischen den Heißseiten 4 und den Kaltseiten 5 weisen die Hitzeschildelemente 1, 2 jeweils vier Umfangsflächen 6, 7 auf, mit denen die Hitzeschildelemente 1, 2 an benachbarte Hitzeschildelemente 1, 2 angrenzen. Diejenigen Umfangsflächen 6, mit denen die Hitzeschildelemente 1, 2 in Umfangsrichtung der Tragstruktur 3 aneinandergrenzen weisen Nuten 8 auf, in welche Eingriffsabschnitte von Elementhaltern eingreifen können, um die Hitzeschildelemente 1, 2 in Umfangsrichtung der Tragstruktur 3 zu fixieren.

Ein Elementhalter 25, wie er im vorliegenden Ausführungsbeispiel zum Fixieren der Hitzeschildelemente 1, 2 Verwendung findet, ist in Fig. 8 dargestellt. Der Elementhalter 25 weist einen als Eingriffslasche 26 ausgebildeten Eingriffsabschnitt zum Eingreifen in die Nut 8 eines Hitzeschildelementes 1, 2 sowie eine Befestigungslasche 27, mit deren Hilfe der Elementhalter 25 an der Tragstruktur 3 befestigt werden kann, auf. Zum Fixieren der Elementhalter 25 an der Tragstruktur 3 weist diese in Umfangsrichtung verlaufende Profilnuten 9 auf, in denen die Befestigungslaschen 27 der Elementhalter 25 bspw. mittels Schrauben an der Tragstruktur 3 fixiert werden können. Ein entsprechender Halter sowie seine Befestigung in der Profilnut der Tragstruktur ist auch in der EP 0 558 540 beschrieben, auf die bezüglich der weiteren Ausgestaltung sowie des Befestigens des Elementhalters Bezug genommen wird.

In die Nuten 8 der Haltelemente 1, 2 werden außerdem Dichtelemente 33, bspw. Keramikdichtungen, eingelegt, um die Umfangsspalte zwischen zwei in Umfangsrichtung aneinandergrenzenden Hitzeschildelementen abzudichten.

Die in Axialrichtung A der Tragstruktur 3 aneinandergrenzenden Umfangsflächen 7 der Hitzeschildelemente 1, 2 weisen kei-

ne Nuten auf. Stattdessen weist jedes Hitzeschildelement 1, 2 an seinen axialen Kanten, d.h. den Kanten zwischen den beiden Umfangsflächen 7 und der Kaltseite 5 eines Hitzeschildelementes, erste und zweite Aussparungen 10, 11 auf. In Figur 1 ist
 5 jeweils nur eine Aussparung der beiden Hitzeschildelemente zu erkennen.

Die erste Aussparung 10 dient sowohl zum Aufnehmen eines Teils einer Klammer 12, die in Figur 2 vergrößert dargestellt
 10 ist, als auch zum Aufnehmen eines Teils eines in die Klammer 12 eingelegten und von dieser gehaltenen Dichtelementes 13 zum Abdichten des Axialspaltes zwischen den Hitzeschildelementen 1, 2. Die zweite Aussparung 11 dient hingegen nur zum
 15 Aufnehmen eines Teils des Dichtelementes 13. Die Dichtelemente können insbesondere als vorzugsweise keramische Schlauchelemente ausgebildet sein.

Die Klammer 12, die vorzugsweise aus einem elastischen Material, bspw. Stahl, hergestellt ist, weist eine Klammeröffnung
 20 14 sowie einen der Klammeröffnung abgewandten Steg 15 auf (siehe Fig. 2). Vom Steg 15 weg erstrecken sich ein erster Klammerabschnitt 16 und ein zweiter Klammerabschnitt 17, die
 25 gemeinsam die Klammeröffnung 14 begrenzen. Dabei schließen der erste Klammerabschnitt 16 und der Steg 15 im wesentlichen einen Winkel von 90° ein, während der zweite Klammerabschnitt
 17 und der Steg 15 einen Winkel einschließen, der größer als 90° ist. Am vom Steg 15 entfernten Ende des zweiten Klammerabschnittes 17 sind zackenartige, in Richtung auf den ersten
 30 Klammerabschnitt 16 vorspringende Vorsprünge 18 angeordnet, welche zum Eingriff in ein in die Klammer 12 eingelegtes Dichtelement 13 vorgesehen sind. Vorzugsweise sind die Spitzen
 der zackenartigen Vorsprünge 18 abgerundet, um ein Beschädigen des Dichtelementes 13 zu vermeiden.

35 Die Klammern 12 werden mit ihrem der Klammeröffnung 14 abgewandten Ende in eine in der Tragstruktur 13 ausgebildete Umfangsnut 19 derart eingelegt, dass der Steg 15 am Nutboden 20

anliegt. Der zweite Klammerabschnitt wird dabei durch die Nutwand 21 in Richtung auf den ersten Klammerabschnitt 16 gedrückt, wodurch die Klammer 12 unter Vorspannung in der Nut 19 gehalten wird. Außerdem greifen die zackenartigen Vorsprünge 18 dabei in ein in die Klammer 12 eingelegtes Dichtelement 13 (in Fig. 3 nicht dargestellt) ein, so dass dieses von der Klammer 12 gehalten wird.

Wenn die Klammer 12 in die Umfangsnut 19 eingesetzt ist, so steht der erste Klammerabschnitt 16 über die Umfangsnut 19 vor, wohingegen der zweite Klammerabschnitt 17 vollständig innerhalb der Umfangsnut 19 angeordnet ist. Wenn die Hitzeschildelemente 1, 2 anschließend an der Tragstruktur 3 befestigt werden, dann greift der über die Umfangsnut 19 vorstehende Teil des ersten Klammerabschnittes 16 in die erste Aussparung 10 des Hitzeschildelementes 1 ein (siehe Fig. 1) und fixiert dieses dadurch gegen Verschieben in Axialrichtung A der Tragstruktur 3. Die Klammer 12 dient daher gleichzeitig als Halterung für das Dichtelement 13 und als Halteelement zum axialen Fixieren des Hitzeschildelementes 1. Da die erste Aussparung 10 sowohl den ersten Klammerabschnitt 16 als auch einen Teil des Dichtelementes 13 aufzunehmen hat, weist sie in Axialrichtung A der Tragstruktur eine größere Abmessung auf als die zweite Aussparung 11, die lediglich einen Teil des Dichtelementes aufzunehmen hat.

Dadurch, dass das Dichtelement 13 einen anderen Abstand zur Tragstruktur 3 als die in die Nuten 8 der Hitzeschildelemente 1, 2 eingelegten Dichtelemente 33 aufweist, können sich alle Dichtelemente bis an den Rand des entsprechenden Hitzeschildelementes oder ggf. sogar darüber hinaus erstrecken, ohne dass sie sich gegenseitig behindern. Somit können insbesondere auch die Kreuzungspunkte von Umfangs- und Axialspalten wirksam abgedichtet werden.

Ein zweites Ausführungsbeispiel für den erfindungsgemäßen Hitzeschild ist in Fig. 4 dargestellt. Im zweiten Ausführungs-

rungsbeispiel sind Strukturen, die auch im ersten Ausführungsbeispiel vorhanden sind, mit denselben Bezugszeichen versehen. Im Unterschied zum in Fig. 1 dargestellten Dichtelement 13 des ersten Ausführungsbeispiels ist das Dichtelement 22 im zweiten Ausführungsbeispiel nicht mittels einer Klammer 12 in eine Umfangsnut 19 der Tragstruktur 3 eingesetzt. Stattdessen liegt es auf der Tragstruktur 3 auf. Optional kann es außerdem an der Tragstruktur 3 mittels geeigneter Befestigungselemente, wie etwa mit der Tragstruktur 3 zu verschraubende oder anderweitig zu fixierende Bügel, befestigt sein. Wie im ersten Ausführungsbeispiel weisen die Hitzeschildelemente 1, 2 an ihren axialen Kanten Aussparungen 23 zum Aufnehmen eines Teils des Dichtelementes 22 auf. Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel unterscheiden sich die Aussparungen 23 an den beiden axialen Kanten eines Hitzeschildelementes jedoch nicht in ihren Abmessungen.

Eine Abwandlung dieses Ausführungsbeispiels ist in Fig. 4a dargestellt. Im Unterschied zum in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel sind an den axialen Kanten der Hitzeschildelemente 1, 2 keine Aussparungen 23 zur Aufnahme des Dichtelementes 22 vorhanden. Stattdessen weist die Tragstruktur im Bereich der axialen Kanten der Hitzeschildelemente 1, 2 eine weitere in Umfangsrichtung verlaufende Nut 23a zum Aufnehmen eines den Spalt zwischen den Hitzeschildelementen 1, 2 dichtenden Dichtelementes 22a auf.

Da im zweiten Ausführungsbeispiel keine das Dichtelement 22 haltende Klammer vorhanden ist, sind die Hitzeschildelemente 1, 2 lediglich in Umfangsrichtung der Tragstruktur 3 durch die in die Nut 8 eingreifenden Elementhalter fixiert. Falls die Hitzeschildelemente 1, 2 auch in Axialrichtung der Tragstruktur 3 fixiert werden sollen, so kann dies in einer Abwandlung des zweiten Ausführungsbeispiels dadurch erreicht werden, dass in den Nuten 8 der Hitzeschildelemente 1, 2 Stege 24 angeordnet sind, die einen Anschlag für die in die Nuten 8 eingreifenden Eingriffslaschen 26 der Elementhalter 25

bilden und ein Verschieben des Hitzeschildelementes in Axialrichtung A der Tragstruktur 3 relativ zum Elementhalter 25 und damit auch relativ zur Tragstruktur 3 verhindern (siehe Fig. 5 und Fig. 6). Insbesondere, wenn zu beiden Seiten der Stege 24 Eingriffslaschen 26 von Elementhaltern 25 in die Nut 8 eingreifen, ist das Hitzeschildelement gegen axiales Verschieben gesichert.

Beim in den Figuren 5 und 6 dargestellten Hitzeschildelement erstreckt sich der Steg 24 durch den gesamten Nutquerschnitt, wodurch eine große Anschlagfläche 29 zur Verfügung steht und die Stabilität des Hitzeschildelementes 1, insbesondere seiner Umfangsfläche 6, erhöht wird. Jedoch erfordert ein derart großer Steg 24 ein Anpassen der Form der in die Nut 8 einzulegenden Dichtelemente 33.

Eine alternative Ausgestaltung des Steges ist in Fig. 7 dargestellt. In dieser Ausgestaltung erstreckt sich der Steg 28 lediglich durch einen kleinen Teil des Nutprofils 8, so dass genügend Platz zum einlegen des Dichtelementes 33 in der Nut 8 verbleibt. Eine Änderung der Form der in die Nut 8 einzulegenden Dichtelemente 33 ist in dieser Ausgestaltung nicht nötig.

Um die Anschlagfläche 29, 30, welche der Steg 24, 28 bietet, besser ausnutzen zu können, ist es von Vorteil, wenn eine geringfügige Modifikation an der Eingriffslasche 26 des Elementhalters 25 vorgenommen wird. Ausführungsbeispiele für entsprechende Elementhalter sind in den Figuren 9 und 10 dargestellt.

Im in Fig. 9 dargestellten Ausführungsbeispiel für einen erfindungsgemäßen Elementhalter 25 weist die Eingriffslasche 26 des Elementhalters 25 an ihrem zum Eingriff in die Nut 8 ausgebildeten Ende eine halbkreisförmige Biegung 31 auf. Durch diese Ausgestaltung steht ein größerer Kantenabschnitt der

Eingriffslasche 26 für den Anschlag an der Anschlagsfläche 29, 30 des Steges 24, 28 zur Verfügung.

Im in Figur 10 dargestellten Ausführungsbeispiel für einen
 5 erfindungsgemäßen Elementhalter 25 sind an den Flanken der
 Eingriffslasche 26 Flächenelemente 32 angeordnet, deren Flächennormale beim Eingriff der Eingriffslasche 26 die Nut 8 in
 Ausdehnungsrichtung der Nut 8 zeigt. Da auch die Flächennormalen der Anschlagsflächen 29, 30 in Ausdehnungsrichtung der
 10 Nut 8 zeigen, bilden die Flächenelemente 32 Gegenflächen zum flächigen Anschlag an die Anschlagsflächen 29, 30 der Stege.

An wenigstens einer Seite des Steges 24, 28 erfolgt der Eingriff der Eingriffslasche 26 des eingreifenden Eingriffselementes 25 mit einem kleinen Abstand zu den Anschlagsflächen 29, 30 der Stege 24, 28, um die Wärmeausdehnung der Stege nicht zu behindern. Der Abstand ist dabei aber deutlich kleiner als die Breite des Axialspaltes zwischen zwei Hitzeschildelementen. Wenn die Eingriffslaschen 26 mit einem kleinen
 20 Abstand zu den Anschlagsflächen 29, 30 in die Nut 8 eingreifen, kann sich zwar das Hitzeschildelement 1 in Axialrichtung A der Tragstruktur geringfügig axial verschieben, jedoch ist die Strecke dieser möglichen axialen Verschiebung
 25 des Hitzeschildelementes 1 deutlich kleiner als die Breite des Axialspaltes, so dass sie die Spalttoleranzen nicht merklich beeinträchtigt. Das Hitzeschildelement soll daher auch dann noch immer als axial fixiert angesehen werden, wenn die
 30 Eingriffslaschen 26 mit einem kleinen Abstand zu den Anschlagsflächen 29, 30 in die Nut 8 eingreifen.

Die in den Ausführungsbeispielen dargestellten Hitzeschildelemente, Elementhalter sowie die in den Ausführungsbeispielen dargestellte Tragstruktur lassen sich schnell und kostengünstig durch modifizieren der bisher verwendeten Hitzeschildelemente (Einbringen der Aussparungen 10, 11, 23
 35 und/oder Stege 24, 28), Elementhalter (Änderungen an der Ein-

griffslasche 26) bzw. der bisher verwendeten Tragstruktur (Einbringen der Umfangsnut 19) realisieren.

- Bei der Realisierung eines erfindungsgemäßen Hitzeschildes
5 sind auch Kombinationen von axial fixierten Hitzeschildelementen mit axial nicht fixierten Hitzeschildelementen möglich.

27. Jan. 2004

Patentansprüche

1. Hitzeschild an einer Tragstruktur (3), insbesondere zur Verwendung in einer Gasturbinenbrennkammer oder einem Gasturbinenflamrohr, mit einer Anzahl von Hitzeschildelementen (1, 2), welche derart ausgestaltet und an der Tragstruktur (3) angeordnet sind, dass sie unter Belassung von Spalten aneinander angrenzen, dadurch gekennzeichnet, dass die Tragstruktur eine Umfangsrichtung und eine Axialrichtung (A) aufweist, wobei die Hitzeschildelemente (1, 2) in Umfangsrichtung der Tragstruktur (3) unter Belassung eines Umfangsspalt und in Axialrichtung der Tragstruktur (3) unter Belassung eines Axialspalt aneinander angrenzen und dass sowohl die Umfangsspalte als auch die Axialspalte durch Dichtelemente (13, 23, 33) abgedichtet sind, wobei die die Axialspalte abdichtenden Dichtelemente (13, 22) einen anderen Abstand zur Tragstruktur (3) aufweisen als die die Umfangsspalte abdichtenden Dichtelemente.
2. Hitzeschild nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die die Axialspalte abdichtenden Dichtelemente (13, 22) zwischen der Tragstruktur (3) und den Hitzeschildelementen (1, 2) angeordnet sind.
3. Hitzeschild nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass er eine Anzahl von Elementhaltern (12, 25) umfasst, welche die Hitzeschildelemente (1, 2) an der Tragstruktur (3) sowohl in Umfangsrichtung als auch in Axialrichtung (A) fixieren.
4. Hitzeschild nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elementhalter erste Elementhalter (25) zum Fixieren der Hitzeschildelemente (1, 2) in Umfangsrichtung der Tragstruktur (3) und zweite Elementhalter (12) zum Fixieren der Hitzeschildelemente (1, 2) in Axialrichtung (A) der Tragstruktur umfassen, wobei die zweiten Elementhalter (12) gleichzeitig

zum Halten der Dichtelemente (13) in den Axialspalten ausgebildet sind.

5. Hitzeschild nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
- 5 - die Tragstruktur (3) sich in Umfangsrichtung der Tragstruktur (3) erstreckende Umfangsnuten (19) aufweist,
 - die zweiten Elementhalter als mit einer Klammeröffnung (14) und einem der Klammeröffnung (14) abgewandten Klammerabschnitt (15) versehene Klammern (12) ausgebildet sind,
 - 10 - die Klammern (12) mit dem der Klammeröffnung (14) abgewandten Klammerabschnitt (15) derart in eine Umfangsnut (19) der Tragstruktur (3) eingesetzt sind, dass mindestens ein Teil der Klammer (12) zum Eingriff in eine Aussparung (10) eines Hitzeschildelementes (1) über die Umfangsnut (19) übersteht
 - 15 und so als axiale Fixierung des Hitzeschildelementes (1) dient, und
 - die Dichtelemente (13) in die Klammern (12) eingelegt sind.

6. Hitzeschild nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 die Klammer (12) Eingriffselemente (18) zum Eingriff in ein in die Klammer eingelegtes Dichtelement (13) aufweist.

7. Hitzeschild nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 - die Hitzeschildelemente (1,2) jeweils eine der Tragstruktur (3) abgewandte Heißseite (4), die geeignet ist, einem heißen Medium ausgesetzt zu werden, eine der Tragstruktur (3) zugewandte Kaltseite (5) und eine Anzahl die Heißseite (4) mit der Kaltseite (5) verbindende Umfangsflächen (6, 7) umfasst,
 - ein Hitzeschildelement (1, 2) an zwei einander gegenüber-
 - 30 liegenden Seiten erste Umfangsflächen (7) aufweist, die jeweils in Axialrichtung (A) der Tragstruktur an eine entsprechende erste Umfangsfläche (7) eines benachbarten Hitzeschildelementes (1, 2) unter Belassung eines Axialspaltes angrenzen;
 - 35 - im Bereich der Kanten zwischen der Kaltseite (5) und den ersten Umfangsflächen (7) Aussparungen (10, 11, 23) vorhanden sind, die im Zusammenwirken mit der Aussparung (10, 11, 23)

der jeweiligen in Axialrichtung gegenüberliegenden Umfangsfläche (7) des benachbarten Hitzeschildelementes (1, 2) eine in Umfangsrichtung der Tragstruktur (3) verlaufende Aufnahme für ein Dichtelement (22) bilden;

- 5 - ein Hitzeschildelement (1, 2) an zwei einander gegenüberliegenden Seiten zweite Umfangsflächen (6) aufweist, die in Umfangsrichtung der Tragstruktur (3) jeweils an eine entsprechende zweite Umfangsfläche (6) eines benachbarten Hitzeschildelementes (1, 2) unter Belassung eines Umfangsspalt
- 10 angrenzen;
- die Elementhalter (25) in die zweiten Umfangsflächen (6) der Hitzeschildelemente (1, 2) eingreifen; und
- die zweiten Umfangsflächen (6) mit Sicherungsabschnitten (24, 28) ausgestattet sind, die ein Verschieben des Hitzeschildelementes (1, 2) relativ zu den Elementhaltern (25)
- 15 entlang der zweiten Umfangsflächen (6) verhindern.

8. Hitzeschild nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Umfangsflächen (6) Nuten (8) aufweisen, in welche

20 Eingriffsabschnitte (26) der Elementhalter (25) eingreifen und in denen Stege (24, 28) derart angeordnet sind, dass sie in axialer Richtung (A) der Tragstruktur (3) einen Anschlag für die Eingriffsabschnitte (26) der Elementhalter (25) bilden.

25

9. Hitzeschildelement zur Befestigung an einer Tragstruktur (3), insbesondere zur Verwendung in einem Hitzeschild nach Anspruch 8, mit

- einer Tragstruktur (3) abzuwendenden Heißeite (4), die geeignet ist, einem heißen Medium ausgesetzt zu werden,
- eine der Tragstruktur (3) zuzuwendenden Kaltseite (5) und
- einer Anzahl die Heißeite (4) mit der Kaltseite (5) verbindender Umfangsflächen (6), die zum Angrenzen an Umfangsflächen (6) von in Umfangsrichtung der Tragstruktur (3) unter
- 30 Belassung des Umfangsspalt benachbart anzubringender Hitzeschildelemente (1, 2) vorgesehen sind und Nuten (8) zum Eingriff durch Eingriffsabschnitte (26) von Elementhaltern (25),
- 35

welche das Hitzeschildelement (1, 2) an der Tragstruktur (3) halten, aufweisen, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass in jeder Nut (8) mindestens ein Steg (24, 28) angeordnet ist, der einen Anschlag für die Eingriffsabschnitte (26) der
5 Elementhalter (25) bildet.

10. Hitzeschildelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Steg (28) sich nur durch einen Teil des Profils der Nut (8) erstreckt.

10

11. Hitzeschildelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Steg (24) sich durch das gesamte Profil der Nut (8) erstreckt.

15 12. Halteelement zur Verwendung in einem Hitzeschild nach Anspruch 8, mit einem zum Eingriff in Nuten (8) von Hitzeschildelementen (1, 2) ausgebildeten Eingriffsabschnitt (26), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass am Eingriffsabschnitt (26) Flächenelemente (32) angeordnet sind, deren Flächennormale bei Eingriff in die Nut (8) in Ausdehnungsrichtung der Nut (8) verläuft.
20

13. Brennkammer mit einem Hitzeschild nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

25

14. Flammrohr mit einem Hitzeschild nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

15. Gasturbine mit einer Brennkammer nach Anspruch 13 oder
30 einem Flammrohr nach Anspruch 14.

EPO - Munich
83
27. Jan. 2004

Zusammenfassung

Hitzeschild

- 5 Ein erfindungsgemäßer Hitzeschild an einer Tragstruktur (3) umfasst eine Anzahl von Hitzeschildelementen (1, 2), welche derart ausgestaltet und an der Tragstruktur (3) angeordnet sind, dass sie unter Belassung von Spalten aneinander angrenzen. Die Tragstruktur (3) des erfindungsgemäßen Hitzeschildes
- 10 weist eine Umfangsrichtung und eine Axialrichtung (A) auf, wobei die Hitzeschildelemente (1, 2) in Umfangsrichtung der Tragstruktur (3) unter Belassung eines Spaltes, der im Folgenden als Umfangsspalt bezeichnet ist, und in Axialrichtung (A) der Tragstruktur (3) unter Belassung eines im Folgenden
- 15 als Axialspalt bezeichneten Spaltes aneinander angrenzen. Außerdem sind sowohl die Umfangsspalte als auch die Axialspalte durch Dichtelemente (13, 33) abgedichtet, wobei die die Axialspalte abdichtenden Dichtelemente (13) einen anderen Abstand zur Tragstruktur (3) aufweisen als die die Umfangsspalte
- 20 abdichtenden Dichtelemente (33).

Figur 1

FIG 1

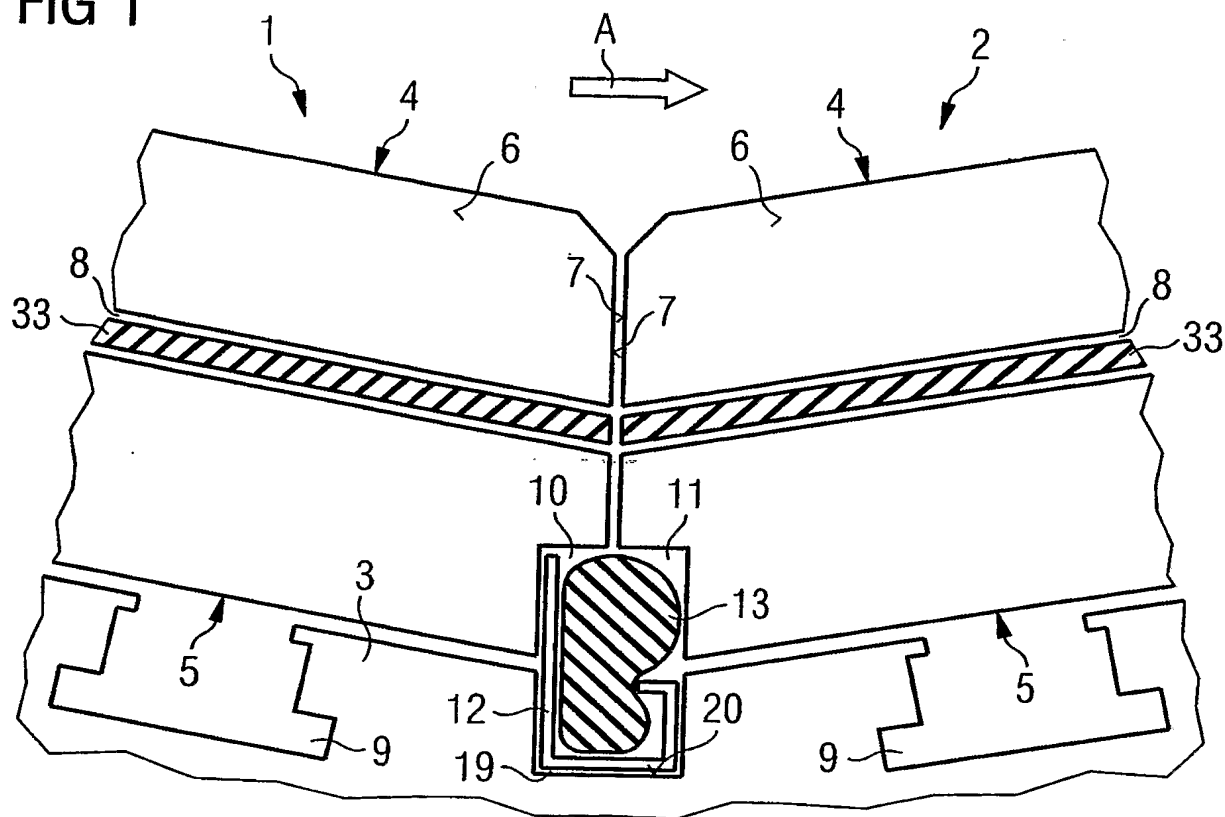


FIG 2

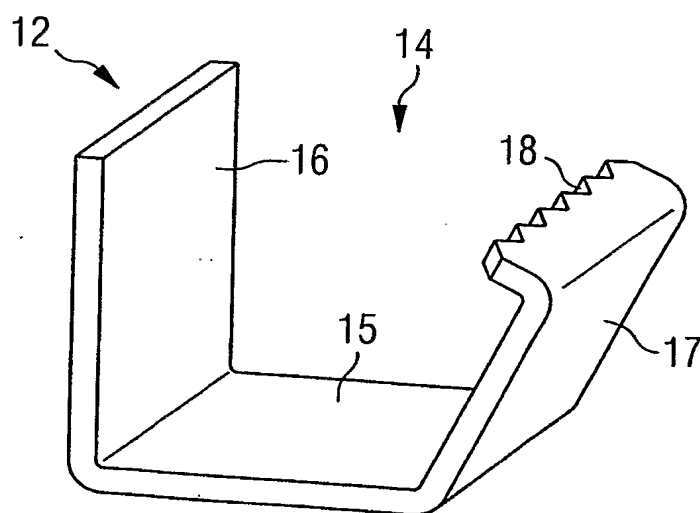


FIG 3

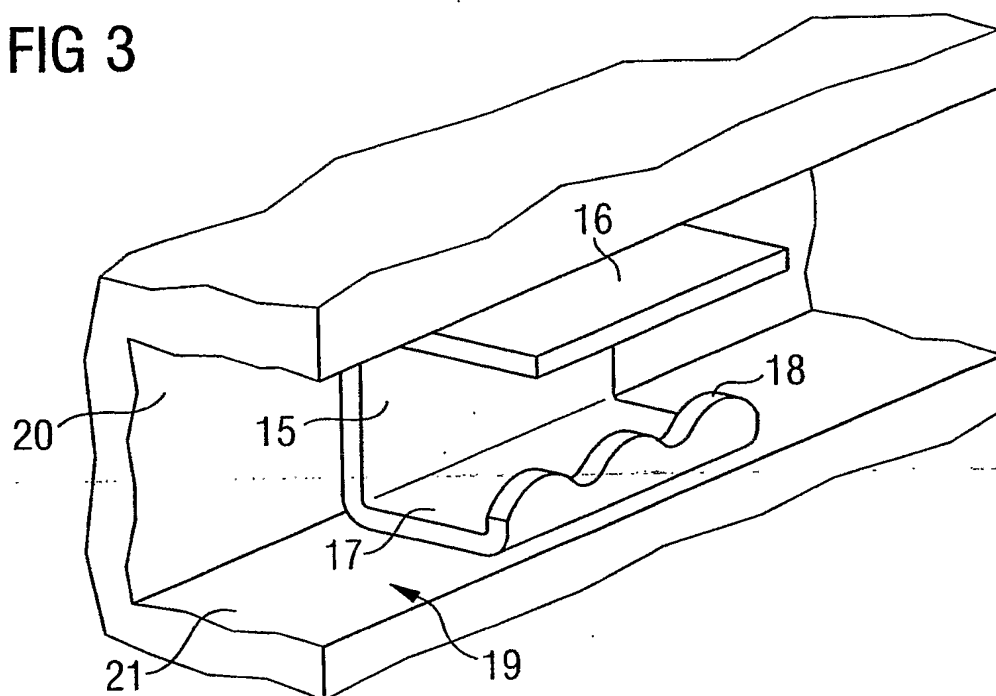


FIG 4

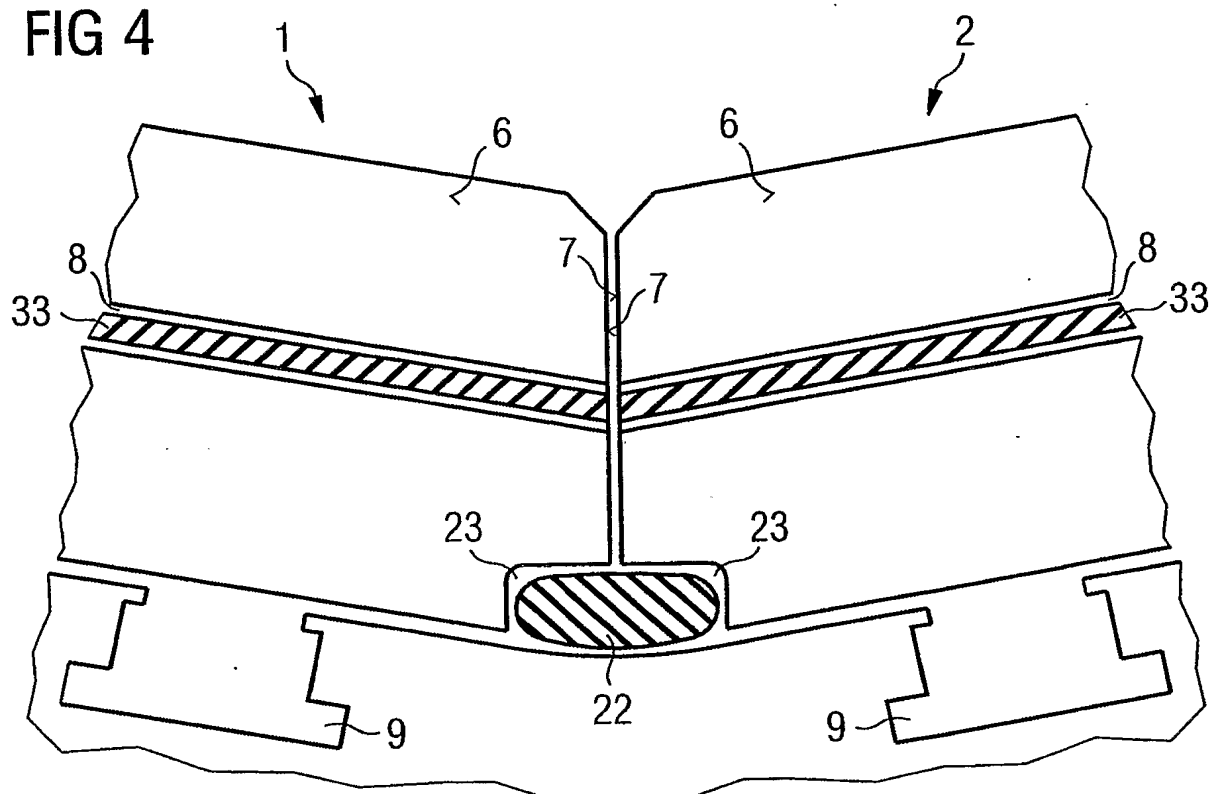


FIG 4A

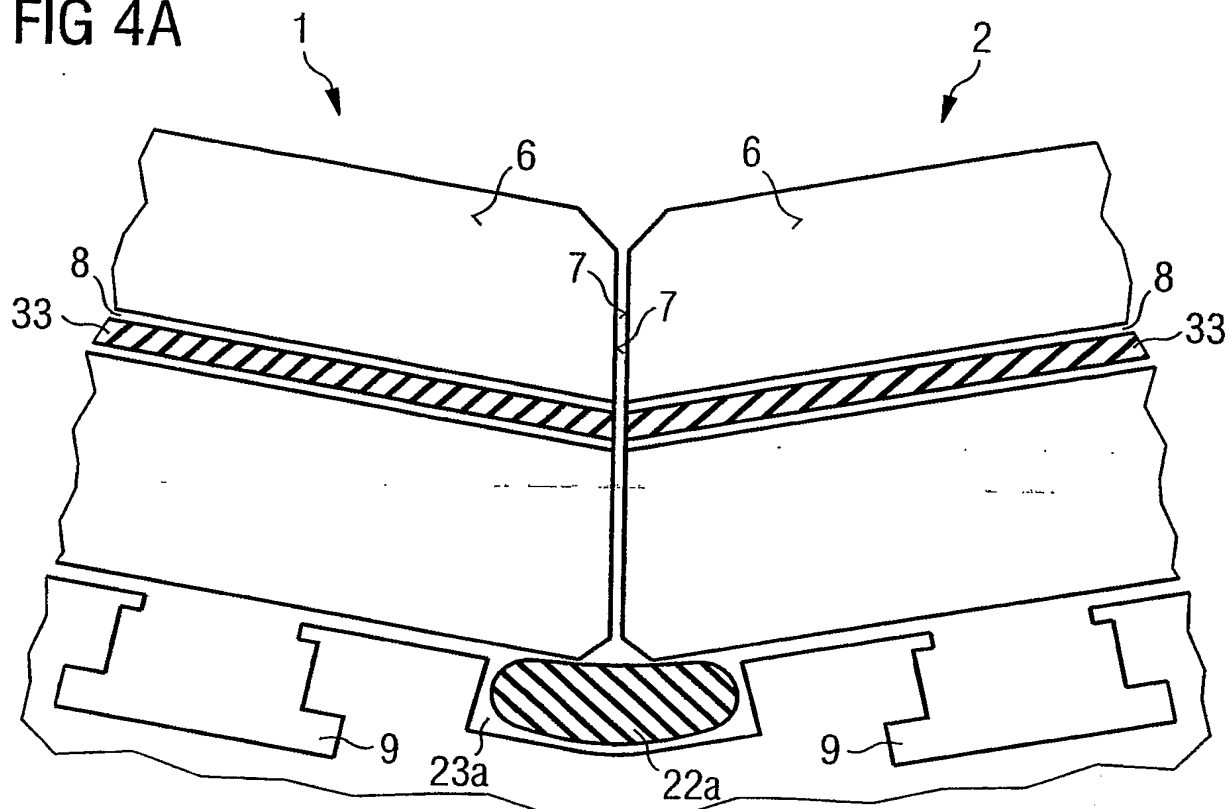


FIG 5

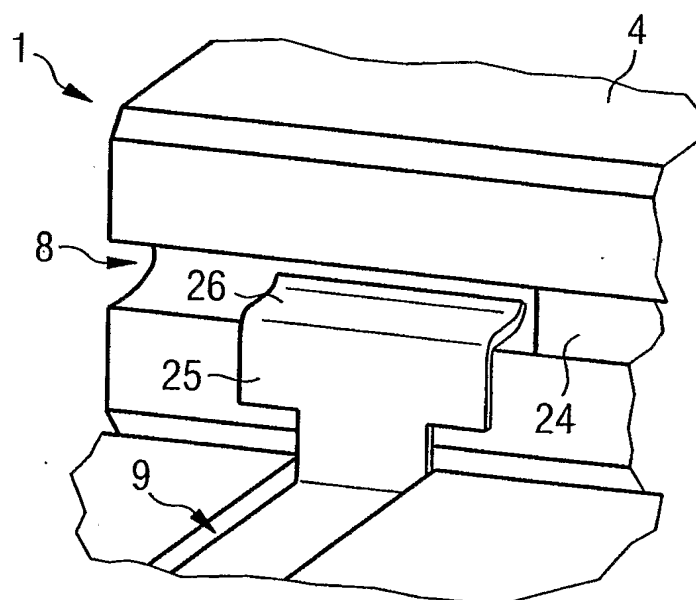


FIG 6

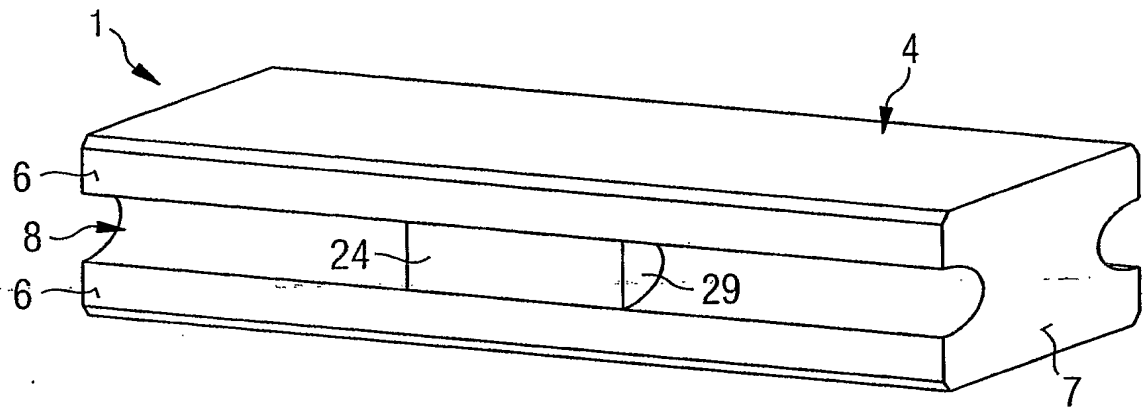


FIG 7

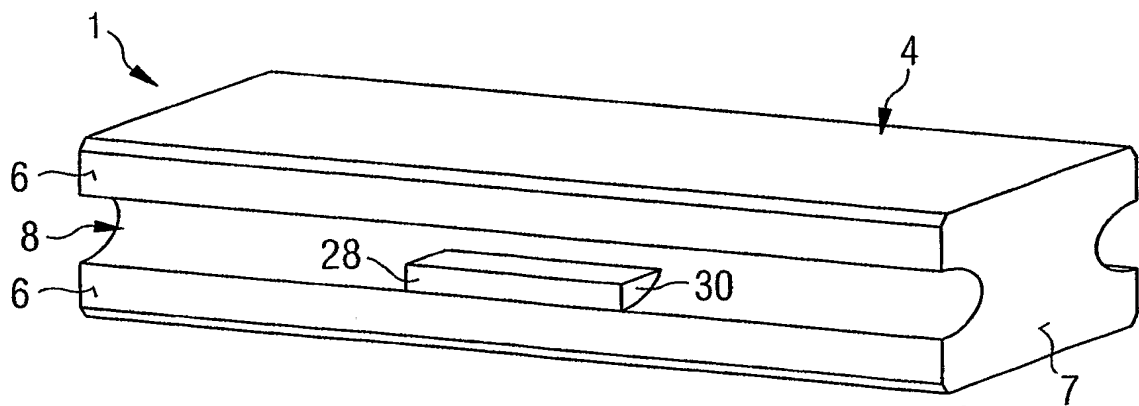


FIG 8

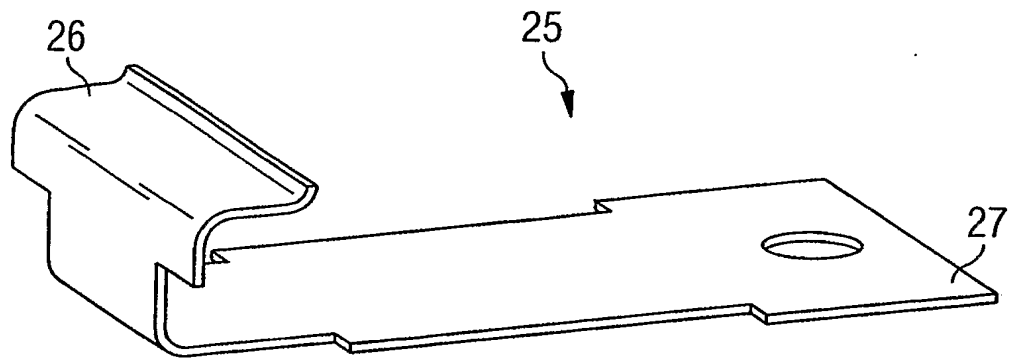


FIG 9

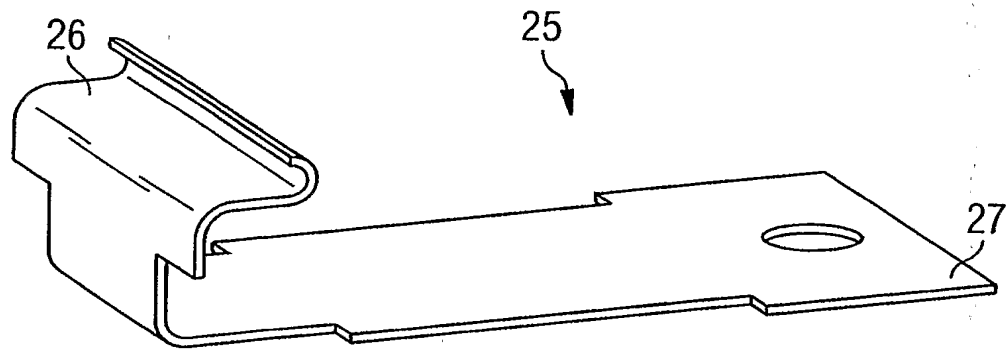


FIG 10

